

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-186593

(43)Date of publication of application : 09.07.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 09-356564

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 25.12.1997

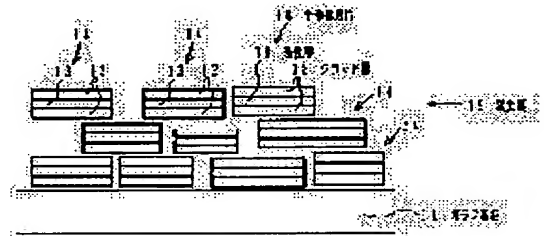
(72)Inventor : IWATA HIROSHI

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase light-emitting efficiency, light-emitting luminance of a light-emitting display device, and facilitate forming, and to increase the yield.

**SOLUTION:** Semiconductor thin chips 14 which are constituted of clad layers 12 and active layers 13, 100  $\mu$ m or less in thickness and 1 mm or less in size and laminated in a film form on a substrate 11, and a light-emitting film 15 is formed. A forbidden bandwidth of the clad layer 12 is larger than that of the active layer 13. When light having a wavelength the energy of which is larger than the forbidden bandwidth of the active layer 13 is irradiated, or an electron beam is bombarded onto it in vacuum, electrons and positive holes are generated in the active layer 13, which are recombined to generate a light. Since the forbidden bandwidth of the clad layer 12 is larger than that of the active layer 13, electrons and positive holes are confined in the active layer 13, so that luminous efficiency is high, and deterioration is hardly generated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	25.12.1997
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	22.03.2001
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3228208
[Date of registration]	07.09.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2001-06462
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	23.04.2001
[Date of extinction of right]	

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-186593

(43)公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51)Int.Cl.\*

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

A

審査請求 有 請求項の数27 O L (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平9-356564

(22)出願日

平成9年(1997)12月25日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 岩田 替

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

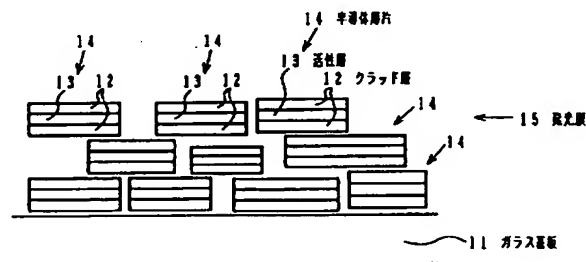
(74)代理人 弁理士 畑 泰之

(54)【発明の名称】 半導体発光装置及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 発光表示装置の発光効率、発光輝度を高くするとともに、作成を容易にして歩留まりを高くする。

【解決手段】 基板11上に、クラッド層12と活性層13からなる、厚さが100μm以下、大きさが1mm以下である半導体薄片14を膜状に積層し、発光膜15を形成した。クラッド層12の禁制帯幅は活性層13の禁制帯幅より大きい。活性層13の禁制帯幅よりもエネルギーの大きい波長の光や、真空中で電子線を当てると、活性層13で電子と正孔ができ、再結合して発光する。クラッド層12の禁制帯幅が活性層13の禁制帯幅より大きいため、電子と正孔は活性層13に閉じ込められ、発光効率が高く、劣化しにくい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 層状のクラッド層とこのクラッド層に挟まれた活性層とからなる半導体薄片を膜状に単層又は多層積層した発光膜が形成されており、且つ、前記クラッド層の禁制帯幅が前記活性層の禁制帯幅以上であることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】 前記活性層は超格子構造、量子井戸構造、量子細線構造、量子箱構造のいずれかの構造であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】 前記活性層は第 1 の半導体層と第 2 の半導体層とからなるタイプ 2 の超格子構造であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 4】 前記第 1 の半導体層と第 2 の半導体層との間に第 3 の半導体層が設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の半導体発光装置。

【請求項 5】 前記活性層は発光波長の異なる複数の活性層で構成したことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 6】 前記発光波長の異なる複数の活性層の間にクラッド層が設けられたことを特徴とする請求項 5 に記載の半導体発光装置。

【請求項 7】 前記活性層の側面がこの活性層よりも禁制帯幅の大なる保護膜で覆われていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 8】 前記半導体薄片に、窒化、リン化、砒素化、酸化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施し、前記活性層の側面に保護膜を形成したことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 9】 前記クラッド層の一方が n 型であり、他方が p 型で、且つ、p-n 接合が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 10】 前記クラッド層の材料が活性層を挟んで異なっていることを特徴とする請求項 9 に記載の半導体発光装置。

【請求項 11】 前記半導体薄片は、一方のクラッド層に p 型領域が形成された第 1 の半導体薄片と、前記半導体薄片の一方のクラッド層に n 型領域が形成された第 2 の半導体薄片とを含み、且つ、前記 p 型領域と n 型領域とで p-n 接合が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 12】 前記半導体薄片が p 型半導体層と n 型半導体層とに挟まれていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 13】 前記半導体薄片のクラッド層が第 1 の伝導型であり、前記活性層が前記クラッド層と異なる第 2 の伝導型であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 14】 前記半導体薄片に電子線や光を照射し

て発光させることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 15】 前記活性層が超格子からなり、前記活性層に電圧を印加し、前記半導体薄片に電子線や光を照射して発光させることを特徴とする請求項 13 に記載の半導体発光装置。

【請求項 16】 前記半導体薄片を第 1 の透明電極と第 2 の透明電極との間に配設し、前記第 1 の透明電極と第 2 の透明電極との間に印加する電圧を可変することで発光時間を可変させることを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 17】 前記半導体薄片に絶縁層を介して電圧を印加することにより発光させることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 18】 前記半導体薄片を電極間に配設し、前記半導体薄片の活性層に電流を注入することで発光させることを特徴とする請求項 9 乃至 13 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 19】 前記半導体薄片の活性層又はクラッド層が、GaP、GaAs、InP、InAs のいずれかに格子整合する 2-6 族化合物半導体混晶からなるものであることを特徴とする請求項 1 乃至 18 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 20】 前記半導体薄片の活性層又はクラッド層が、GaAs に格子整合する 3-5 族化合物半導体混晶からなるものであることを特徴とする請求項 1 乃至 18 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 21】 前記半導体薄片の活性層又はクラッド層が、AlGaInP 混晶又は AlGaInN 混晶又は 2-6 混晶等の結晶又はアモルファスであることを特徴とする請求項 1 乃至 18 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 22】 前記半導体薄片は厚みが 3 nm 乃至 100 nm、長さが 3 nm 乃至 1 mm の大きさであることを特徴とする請求項 1 乃至 21 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 23】 結晶成長用の基板上に第 1 の半導体材料からなる半導体分離層と、この半導体分離層上に前記第 1 の半導体材料と異なる半導体材料からなる第 1 のクラッド層と活性層と第 2 のクラッド層からなる半導体薄片層とを交互に結晶成長させる第 1 の工程と、選択エッチングにより前記半導体分離層を除去する第 2 の工程と、

前記半導体薄片層を半導体薄片にする第 3 の工程と、発光体を形成するための基板上に前記半導体薄片を膜状に形成し固着する第 4 の工程とからなることを特徴とする半導体発光装置の製造方法。

【請求項 24】 前記第 4 の工程に続いて、前記半導体薄片に不純物を拡散して p-n 接合を形成する第 5 の工程を含むことを特徴とする請求項 23 記載の半導体発光

装置の製造方法。

【請求項 25】 前記結晶成長用の基板表面が部分的に非半導体膜で覆われ、前記基板の露出した部分に前記半導体分離層、前記半導体薄片層を交互に結晶成長させることを特徴とする請求項 23 又は 24 記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 26】 前記半導体薄片は、一方のクラッド層に p 型領域が形成された第 1 の半導体薄片と、前記半導体薄片の一方のクラッド層に n 型領域が形成された第 2 の半導体薄片とを含むことを特徴とする請求項 23 乃至 25 のいずれかに記載の半導体発光装置の製造方法。

【請求項 27】 前記半導体薄片が p 型半導体層と n 型半導体層とに挟まれていることを特徴とする請求項 23 乃至 26 のいずれかに記載の半導体発光装置の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光装置とその製造方法に関わり、特に、大画面の画像の表示等に好適な半導体発光装置とその製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来の半導体発光装置では、発光効率を高くするために、微粒子を活性層とする構造が用いられていた。例えば、特開平 4-112584 号公報には、半導体微粒子を n 型半導体と p 型半導体で挟んだ構造が示されている。また、特開平 7-58358 号公報および特開平 7-58361 号公報に示されるように、微粒子からなる量子箱を電極と絶縁膜で挟んで発光させていた。また、コストを下げるために、特開昭 61-110470 号公報に示されるように、選択エッチングにより基板を分離する方法が用いられていた。

【0003】しかし、上述した従来の技術では、微粒子を活性層に用いているため、ほんのわずかの大きさの違いで波長がずれてしまい、広い領域に渡って均一な発光特性が得られないという問題点を有していた。また、微粒子が球状であるため、微粒子表面への保護膜の形成が難しく、キャリアを閉じ込めるのに必要な品質の高いヘテロ界面が得づらいという問題点を有していた。また、選択エッチングにより基板を分離する方法は、広い面積に渡ってクラックが入らないよう支持しなければならず、大面積の発光装置に適用できないという問題点を有していた。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記した従来技術の欠点を改良し、特に、キャリアの閉じ込めを効果的に行い、発光効率が高く、再現性に優れ、耐久性が高く、大面積化が可能な新規な半導体発光装置及びその製造方法を提供するものである。

##### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記した目的を

達成するため、基本的には、以下に記載されたような技術構成を採用するものである。即ち、本発明に係わる半導体発光装置の第 1 態様は、層状のクラッド層とこのクラッド層に挟まれた活性層とからなる半導体薄片を膜状に単層又は多層積層した発光膜を形成すると共に、前記クラッド層の禁制帯幅が前記活性層の禁制帯幅以上であることを特徴とするものであり、又、第 2 態様は、前記活性層は超格子構造、量子井戸構造、量子細線構造、量子箱構造のいずれかの構造であることを特徴とするものであり、又、第 3 態様は、前記活性層は第 1 の半導体層と第 2 の半導体層とからなるタイプ 2 の超格子構造であることを特徴とするものであり、又、第 4 態様は、前記第 1 の半導体層と第 2 の半導体層との間に第 3 の半導体層が設けられていることを特徴とするものであり、又、第 5 態様は、前記活性層は発光波長の異なる複数の活性層で構成したことを特徴とするものである。

【0006】又、第 6 態様は、前記発光波長の異なる複数の活性層の間にクラッド層が設けられたことを特徴とするものであり、又、第 7 態様は、前記活性層の側面がこの活性層よりも禁制帯幅の大なる保護膜で覆われていることを特徴とするものであり、又、第 8 態様は、前記半導体薄片に、窒化、リン化、砒素化、酸化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施し、前記活性層の側面に保護膜を形成したことを特徴とするものであり、又、第 9 態様は、前記クラッド層の一方が n 型であり、他方が p 型であり、且つ、前記半導体薄片には、p-n 接合が形成されていることを特徴とするものである。

【0007】又、第 10 態様は、前記クラッド層の材料が活性層を挟んで異なっていることを特徴とするものであり、又、第 11 態様は、前記半導体薄片は、一方のクラッド層に p 型領域が形成された第 1 の半導体薄片と、前記半導体薄片の一方のクラッド層に n 型領域が形成された第 2 の半導体薄片とを含み、且つ、前記第 1 の半導体薄片と第 2 の半導体薄片とで p-n 接合が形成されていることを特徴とするものであり、又、第 12 態様は、前記半導体薄片が p 型半導体層と n 型半導体層とに挟まれていることを特徴とするものであり、又、第 13 態様は、前記半導体薄片のクラッド層が第 1 の伝導型であり、前記活性層が前記クラッド層と異なる第 2 の伝導型であることを特徴とするものである。

【0008】又、第 14 態様は、前記半導体薄片に電子線や光を照射して発光させることを特徴とするものであり、又、第 15 態様は、前記活性層が超格子からなり、前記活性層に電圧を印加し、前記半導体薄片に電子線や光を照射して発光させることを特徴とするものであり、又、第 16 態様は、前記半導体薄片を第 1 の透明電極と第 2 の透明電極との間に配設し、前記第 1 の透明電極と第 2 の透明電極との間に印加する電圧を可変することで発光時間を可変させることを特徴とするものであり、又、第 17 態様は、前記半導体薄片に絶縁層を介して電

圧を印加することにより発光させることを特徴とするものであり、又、第18態様は、前記半導体薄片を電極間に配設し、前記半導体薄片の活性層に電流を注入することで発光させることを特徴とするものである。

【0009】又、第19態様は、前記半導体薄片の活性層又はクラッド層が、GaP、GaAs、InP、InAsのいずれかに格子整合する2-6族化合物半導体混晶からなるものであることを特徴とするものであり、又、第20態様は、前記半導体薄片の活性層又はクラッド層が、GaAsに格子整合する3-5族化合物半導体混晶からなるものであることを特徴とするものであり、又、第21態様は、前記半導体薄片の活性層又はクラッド層が、AlGaInP混晶又はAlGaInN混晶又は2-6混晶等の結晶又はアモルファスであることを特徴とするものであり、又、第22態様は、前記半導体薄片は厚みが3nm乃至100μm、長さが3nm乃至1mmの大きさであることを特徴とするものである。

【0010】又、本発明に係る半導体発光装置の製造方法の第1態様は、結晶成長用の基板上に第1の半導体材料からなる半導体分離層と、この半導体分離層上に前記第1の半導体材料と異なる半導体材料からなる第1のクラッド層と活性層と第2のクラッド層からなる半導体薄片層とを交互に結晶成長させる第1の工程と、選択エッチングにより前記半導体分離層を除去する第2の工程と、前記半導体薄片層を半導体薄片にする第3の工程と、発光体を形成するための基板上に前記半導体薄片を膜状に形成し固着する第4の工程とからなるものであり、又、第2態様は、前記第4の工程に続いて、前記半導体薄片に不純物を拡散してp-n接合を形成する第5の工程を含むことを特徴とするものであり、又、第3態様は、前記結晶成長用の基板表面が部分的に非半導体膜で覆われ、前記基板の露出した部分に前記半導体分離層、前記半導体薄片層を交互に結晶成長させることを特徴とするものであり、又、第4態様は、前記半導体薄片は、一方のクラッド層にp型領域が形成された第1の半導体薄片と、前記半導体薄片の一方のクラッド層にn型領域が形成された第2の半導体薄片とを含むことを特徴とするものであり、又、第5態様は、前記半導体薄片がp型半導体層とn型半導体層とに挟まれていることを特徴とするものである。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明に係る半導体発光装置は、層状のクラッド層とこのクラッド層に挟まれた活性層とからなる半導体薄片を膜状に単層又は多層積層した発光膜を形成すると共に、前記クラッド層の禁制帯幅が前記活性層の禁制帯幅以上であることを特徴とするものであり、又、前記活性層は超格子構造、量子井戸構造、量子細線構造、量子箱構造のいずれかの構造であることを特徴とするものであり、又、前記活性層の側面がこの活性層よりも禁制帯幅の大なる保護膜で覆われているこ

とを特徴とするものであるから、キャリアの閉じ込めを効果的に行い、発光効率が高く、再現性に優れ、耐久性が高い。

【0012】

05 【実施例】以下に、本発明に係わる半導体発光装置とその製造方法の具体例を図面を参照しながら詳細に説明する。

(具体例1)図1、2は、本発明に係わる半導体発光装置の具体例の構造を示す図であって、図1は、第1の具体例の半導体発光装置の概略図、図2は半導体薄片の断面図である。

【0013】図1、2には、層状のクラッド層12とこのクラッド層12に挟まれた活性層13とからなる半導体薄片14を膜状に単層又は多層積層した発光膜15を形成すると共に、前記クラッド層の禁制帯幅が前記活性層の禁制帯幅以上である半導体発光装置が示されている。この具体例を更に詳細に説明すると、ガラスからなる基板11上に、層状のクラッド層12とこれに挟まれた活性層13からなる、例えば、厚さが100μm以下、大きさが1mm活性層である半導体薄片14を膜状に積層し、発光膜15を形成した。クラッド層12の禁制帯幅は活性層13の禁制帯幅より大きい。クラッド層12および活性層13は真空蒸着法、化学気相成長(CVD)法、有機金属気相成長(MOVPE)法や分子線結晶成長(MBE)法などにより結晶成長できる。これを薄片化して基板に塗布することにより発光膜15を形成できる。クラッド層12および活性層13は、AlGaInP混晶やAlGaInN混晶や2-6混晶などの結晶やアモルファスを用いて形成できる。

30 【0014】活性層13の禁制帯幅よりもエネルギーの大きい波長の光や、真空中で電子線を当てると、活性層13で電子と正孔ができ、再結合して発光する。クラッド層12の禁制帯幅が活性層13の禁制帯幅より大きい  
35 ため、電子と正孔は活性層13に閉じ込められ、発光効率が  
40 高い。クラッド層12と活性層13が層状であるため、クラッド層12と活性層13のヘテロ界面は、結晶性の良いものを容易に作成できる。発光波長は活性層13の禁制帯幅で決まるため、活性層13の材料を選定することにより、赤、青、緑などの所望の波長を得ることができる。また、活性層13の大部分がクラッド層12によって覆われているため、雰囲気ガスとの反応が起こりにくく、劣化しにくい。発光膜15は、厚さが100μm以下、大きさが1mm以下という形状の小さい半導体薄片14を積層しているため、面積の広い基板11上に容易に均一に作成できる。

45 【0015】この半導体発光装置は、発光強度の非常に高い蛍光体として機能するため、電子線や光に対する蛍光板や、蛍光ランプ、蛍光表示管、ブラウン管ディスプレイ(CRT)、プラズマディスプレイパネル(PDP)、エレクトロルミネッセンスディスプレイ(EL

D)、発光ダイオード(LED)を始めとする蛍光を用いた発光素子、表示装置に広く用いることができる。

【0016】半導体薄片14中の活性層13は単層とは限らず、図2に示すように複数層であってもよい。活性層13を電子および正孔の拡散長に比べ薄い層に分けることにより、電子および正孔の密度が高くなり、発光効率が高くなる。また、活性層13全体の層厚が増加するため電子線や光に対する吸収係数が増加し、発光強度が強くなる。

【0017】この具体例では、発光膜が半導体薄片のみから構成されていたが、これに限らず、半導体薄片間のすき間を埋めるための半導体粉末や、固定するための有機物などを混ぜても良い。この具体例では、半導体薄片が平板状の形状であったがこれに限らず、円盤状や楕円体状の形状であってもよい。

【0018】(具体例2) 図3(a)は本発明の第2の具体例を示す半導体薄片の概略図、図3(b)はバンドラインナップ図である。半導体薄片14は、層状のクラッド層31と活性層32とからなり、活性層32は量子井戸層32aと量子障壁層32bを交互に重ねた多重量子井戸構造からなる。クラッド層31の禁制帯幅は量子井戸層32aの禁制帯幅より大きい。量子井戸層32aの厚さはキャリアのドブロイ波長程度(10nm程度)と非常に薄い。クラッド層31および量子井戸層32aと量子障壁層32bはMOVPE法やMBE法などにより結晶成長できる。これを薄片化して半導体薄片14を形成できる。

【0019】量子井戸層32aの禁制帯幅よりもエネルギーの大きい波長の光や、真空中で電子線を当てると、量子井戸層32aで電子と正孔ができ、再結合して発光する。バンドラインナップは、図3(b)のようになり、量子井戸層32aで価電子帯端33が高く伝導帯端34が低い。量子効果により、量子井戸層32aでの電子と正孔の状態密度は2次元となるため、再結合確率が大きくなり、高い発光効率を得られる。クラッド層31は、活性層32内に電子と正孔を閉じ込めるとともに、活性層32を保護する効果がある。クラッド層31、量子井戸層32a、量子障壁層32bが層状であるため、各ヘテロ界面は、結晶性の良いものを容易に作成できる。発光波長は活性層32の量子構造を選定することにより、赤、青、緑などの所望の波長を得ることができる。この半導体薄片14を膜状に積層して発光膜を作成することにより、蛍光膜としてCRTやPDPなどに広く用いることができる。

【0020】この具体例では、活性層に多重量子井戸構造を用いたが、これに限らず、単一量子井戸構造や、超格子構造、量子細線構造、量子井戸箱構造を用いても良い。

(具体例3) 図4(a)は本発明の第3の具体例を示す半導体薄片の概略図、図4(b)はバンドラインナップ

図である。半導体薄片14は、クラッド層41、第1半導体層42aと第2半導体層42bを交互に重ねた超格子からなる活性層42からなる。第1半導体層42aと第2半導体層42bはいずれもキャリアのドブロイ波長程度(10nm程度)の厚さであり、非常に薄い。クラッド層41および第1半導体層42aと第2半導体層42bはMOVPE法やMBE法などにより結晶成長できる。これを薄片化して半導体薄片14を形成できる。

【0021】バンドラインナップは図4(b)に示すようになり、価電子帯端33と伝導帯端34のいずれもが第1半導体層42aで低く第2半導体層42bで高い、いわゆるタイプ2の超格子を形成している。電子線や光の照射によって発生した電子と正孔は活性層42に閉じ込められるが、電子は第1半導体層42aに溜り、正孔は第2半導体層42bに溜る。電子と正孔が空間的に分離されているため、発光再結合はゆっくり進み、発光時間(残光)が長くなる。残光の長さは、超格子の構造を変えて、電子と正孔の波動関数の重なる度合いを変えることにより制御できる。

【0022】図5(a)は、残光の長さを制御するのに適した超格子を用いた半導体薄片の概略図、図5

(b)、図5(c)はバンドラインナップ図である。第1半導体層42aと第2半導体層42bとの間に第3半導体層51が挿入されている。図5(b)に示すように、第3半導体層51の価電子帯端33が低く伝導帯端34が高い場合には、電子と正孔が空間的に離れ、波動関数の重なりが小さくなり、残光は長くなる。また、図5(c)に示すように、第3半導体層51の価電子帯端33が高く伝導帯端34が低い場合には、電子と正孔が空間的に近づき、波動関数の重なりが大きくなって、残光が短くなる。

【0023】このようにタイプ2超格子を用いて残光を長くした半導体薄片14を膜状に積層して発光膜を形成してCRTやPDPなどに用いることにより、目に疲労を与えない表示装置が得られる。また、残光を非常に長くしたものは夜間標識や夜光時計などに用いることができる。この実施形態では、活性層に材料の異なる半導体を積層したタイプ2の超格子を用いたが、これに限らず、p層とn層を積層したnipi超格子を用いても良い。nipi超格子では、電子がn型半導体層に蓄積され、正孔がp型半導体層に蓄積されるため、電子と正孔が空間的に分離され、同様の効果が得られる。

【0024】(具体例4) 図6(a)、図6(b)は本発明の第4の具体例を示す半導体薄片の概略図である。半導体薄片14は、層状のクラッド層61と、赤色で発光する第1活性層62a、緑色で発光する第2活性層62b、青色で発光する第3活性層62cから構成される活性層62とからなる。第1活性層62a、第2活性層62b、第3活性層62cの発光波長を制御するために、禁制帯幅の異なる材料を用いるか、添加する不純物



を変えればよい。図 6 (a) の構造では、第 1 活性層 6 2 a と第 2 活性層 6 2 b と第 3 活性層 6 2 c が隣接している。第 1 活性層 6 2 a の禁制帯幅が一番狭いため、第 1 活性層 6 2 a での発光が起こりやすい。第 1 活性層 6 2 a、第 2 活性層 6 2 b、第 3 活性層 6 2 c の層厚を制御することにより、白色などの任意の発光が得られる。また、図 6 (b) の構造では、第 1 活性層 6 2 a、第 2 活性層 6 2 b、第 3 活性層 6 2 c がクラッド層 6 1 によって分離されている。この構造では、活性層 6 2 間の干渉が少なく、各層からの発光強度の調整が容易であり、白色を始めとする任意の発光が容易に得られる。

【0025】この半導体薄片 1 4 を膜状に積層して発光膜を作成することにより、蛍光膜として CRT、PDP、ELD、蛍光表示管などに広く用いることができる。この具体例では、バルク特性の活性層を用いたが、これに限らず、量子井戸構造や、超格子構造、量子細線構造、量子井戸箱構造などの量子効果を用いた構造でもよい。また、タイプ 2 超格子を用いてもよい。

【0026】(具体例 5) 図 7 は本発明の第 5 の具体例を示す半導体薄片の断面図である。半導体薄片 1 4 は、層状のクラッド層 7 1、活性層 7 2 を有し、活性層 7 2 の側面が保護膜 7 3 で覆われている。保護膜 7 3 は、半導体薄片 1 4 に保護膜材料を吹き付けたり、クラッド層 7 1 を成長する時に同時に結晶成長させることなどにより形成できる。

【0027】半導体薄片 1 4 を積層して発光膜を形成した場合、活性層 7 2 の側面が禁制帯幅の大きい保護膜 7 3 で覆われているため、発光効率が高く、素子寿命が長くなる。その結果、輝度の高い CRT や、寿命の長い PDP が得られる。この具体例では、バルク特性の活性層を用いたが、これに限らず、量子井戸構造や、超格子構造、量子細線構造、量子井戸箱構造などの量子効果を用いた構造でもよい。また、タイプ 2 超格子を用いてもよい。

【0028】(具体例 6) 図 8 は本発明の第 6 の具体例を示す半導体薄片の断面図である。半導体薄片 1 4 は、層状のクラッド層 8 1、活性層 8 2 からなり、3-5 族化合物半導体から構成される。半導体薄片 1 4 の表面を窒化させ、クラッド層 8 1 表面に窒化層 8 3、活性層 8 2 側面に保護膜 8 4 を有する。窒化層 8 3 と保護膜 8 4 は、半導体薄片 1 4 を窒素雰囲気中で加熱することにより形成できる。

【0029】活性層 8 2 の側面がむき出しの場合、表面再結合により電子と正孔が非発光再結合してしまう場合がある。特に 3-5 族化合物半導体では、結晶表面の酸化物が非発光再結合センターとなることが知られている。これを回避する方法としては、表面を禁制帯幅の大きな材料で覆ったり、非発光再結合センターとならない材料で保護すれば良い。3-5 族化合物半導体から構成される活性層 8 2 を窒化すると、保護膜 8 4 の禁制帯幅

が大きくなるとともに、表面の酸素が減少するため、表面再結合が減少し、発光効率が高くなり、寿命も長くなる。この半導体薄片 1 4 を膜状に積層して発光膜を作成することにより、発光効率の高い CRT や ELD、PDP などが得られる。

【0030】この具体例では、活性層に 3-5 族化合物半導体を用い、保護膜に窒化物を用いたが、これに限らず、3-5 族化合物半導体表面にリン化合物やヒ素化合物を形成してもよい。また、2-6 族化合物半導体表面に酸化物、硫化物、セレン化合物、テルル化合物を形成しても良い。窒素、リン、ヒ素、酸素、硫黄、セレン、テルルの各元素は蒸気圧が高いため、これらの雰囲気中に半導体薄片を置くだけで、容易に活性層側面にこれらの化合物を形成できる。

【0031】(具体例 7) 図 9 は本発明の第 7 の具体例を示す半導体発光装置の概略図である。ガラスからなる基板 9 0 上に、透明電極 9 1、発光膜 9 5、絶縁体膜 9 6、金属電極 9 7 が積層されている。発光膜 9 5 は、厚さが  $100\mu\text{m}$  以下、大きさが  $1\text{mm}$  以下である半導体薄片 9 4 を膜状に積層したものである。半導体薄片 9 4 は、層状の p 型クラッド層 9 2 a と n 型クラッド層 9 2 b と、これに挟まれた活性層 9 3 とからなる。半導体薄片 9 4 の積層方向を一定にしない場合には、半導体薄片 9 4 の約 50% が p 型クラッド層 9 2 a が上側となり、残りの 50% が n 型クラッド層 9 2 b が上側となる。p 型クラッド層 9 2 a と n 型クラッド層 9 2 b および活性層 9 3 は MOVPE 法や MBE 法により結晶成長できる。

【0032】透明電極 9 1 と金属電極 9 7 に直流または交流の電圧を印加することにより活性層 9 3 で発光する。p 型クラッド層 9 2 a と n 型クラッド層 9 2 b を有しているため、印加した電界に対し順方向の p-n 接合となる半導体薄片 9 4 で、p 型クラッド層 9 2 a から n 型クラッド層 9 2 b に向かって電流が流れ、輝度の高い発光が得られる。p 型クラッド層 9 2 a と n 型クラッド層 9 2 b が伝導性を有するため、低い印加電圧で発光する。光は透明電極 9 1 と基板 9 0 を透過して外部に取り出される。透明電極 9 1 と金属電極 9 7 を交差するストライプ状にすることにより平面型のディスプレイが得られる。絶縁体膜 9 6 および金属電極 9 7 により光を反射させることにより、発光強度を強くすることもできる。

【0033】この具体例では、絶縁体膜を用いたが、絶縁体膜を用いなくても良い。また、半導体薄片の積層方向を制御しなかったが、全ての半導体薄片の積層方向を揃え、p-n 接合の方向を同じにしても良い。又、この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子構造、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。

【0034】又、この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸

化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。また、発光膜が半導体薄片のみから構成されていたが、これに限らず、半導体薄片間のすき間を埋めるための半導体粉末や、固定するための有機物などを混ぜても良い。

【0035】（具体例8）図10（a）は本発明の第8の具体例を示す半導体薄片の概略図、図10（b）はバンドラインナップ図である。半導体薄片14は、層状のn型クラッド層101a、活性層102、p型クラッド層101bからなり、n型クラッド層101aおよびp型クラッド層101bの禁制帯幅は活性層102よりも大きい。n型クラッド層101aは、n型ドーピングが容易な半導体材料からなり、p型クラッド層101bはp型ドーピングが容易な半導体材料からなる。一般に禁制帯幅の大きな半導体材料では、n型かp型のいずれか一方の伝導性が得やすい。例えば、ZnSeではn型が容易であり、ZnTeではp型が容易である。このような特性は、価電子帯端33および伝導帯端34の位置に起因していると考えられている。図10（b）に示すように、n型クラッド層101aに伝導帯端34が低い半導体を用い、p型クラッド層101bに価電子帯端33が高い半導体を用いることにより、n型およびp型のいずれのドーピングも容易に実施でき、抵抗の低いp-n接合が得られる。この半導体薄片14を膜状に積層して発光膜を作成し、電流を注入することにより、発光効率の高いELDなどが得られる。

【0036】この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子構造、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。

（具体例9）図11は、本発明の第7の具体例を示す半導体発光装置の概略図である。図11には、半導体薄片114の一方のクラッド層にp型領域112aが形成された第1の半導体薄片と、半導体薄片114の一方のクラッド層にn型領域112bが形成された第2の半導体薄片とを含む半導体発光装置が示されている。

【0037】この具体例を更に詳細に説明すると、ガラスからなる基板110上に、透明電極111、発光膜115、金属電極116が積層されている。発光膜115は、半導体薄片114を膜状に積層したものであり、透明電極111に接する領域がp型層115a、金属電極116に接する領域がn型層115bとなっており、p-n接合を有している。半導体薄片114は、層状のクラッド層112と活性層113とからなる。透明電極111に接する領域のクラッド層112はp型にドーピングされており、p型領域112aとなっている。金属電極116に接する領域のクラッド層112はn型にドーピングされており、n型領域112bとなっている。個々のp型領域112aを合わせたものがp型層115aとなり、個々のn型領域112bを合わせたものがn型層115bとなっている。

【0038】p型層115aは、透明電極111上にp型不純物を層状に形成したのち、半導体薄片114を積層し、半導体薄片114のクラッド層112にp型不純物を拡散させる、などの方法により形成できる。また、

05 n型層115bは、半導体薄片114を層状に積層したのち、n型不純物を拡散させる、などの方法で形成できる。

【0039】透明電極111に正、金属電極116に負の電圧を印加することにより活性層113で発光する。

10 光は透明電極111と基板110を透過して外部に取り出される。p型層115aとn型層115bとからなるp-n接合を有しており、活性層113にはp型層115aから正孔が注入されn型層115bから電子が注入される。p-n接合の立ち上がり電圧は数Vであるため、低い電圧で発光が得られる。また、p-n接合が正孔と電子を活性層113に閉じ込める効果があるため、

15 発光効率も高い。透明電極111と金属電極116を交差するストライプ状にすることにより、LED的な動作電圧の低い平面型のディスプレイが得られる。また、活性層113の発光波長を赤、緑、青の3色とすることにより、カラーのでディスプレイが得られる。

【0040】この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。また、発光膜が半導体薄片のみから構成されていたが、これに限らず、半導体薄片間のすき間を埋めるための半導体粉末や、固定するための有機物などを混ぜても良い。

【0041】（具体例10）図12は本発明の第10の具体例を示す半導体発光装置の概略図である。ガラスからなる基板120上に、透明電極121、n型半導体層122、発光膜126、p型半導体層127、金属電極128が積層されている。発光膜126は、半導体薄片125を膜状に積層したもので、層状のn型半導体層122とp型半導体層127で挟まれている。半導体薄片125は、クラッド層123に活性層124が挟まれた構造であり、活性層124がn型半導体層122とp型半導体層127の間に位置している。n型半導体層122とp型半導体層127は、気相成長法などにより不純物を添加したアモルファス半導体層などを製膜することにより形成できる。

【0042】透明電極121に負、金属電極128に正の電圧を印加することにより活性層124で発光し、n型半導体層122、透明電極121、基板120を透過して外部に取り出される。n型半導体層122とp型半導体層127が層状であるため、動作電圧の均一性が高くなり、広い面積に渡り、安定な発光特性が得られる。

50 透明電極121と金属電極128を交差するストライプ



状にすることにより、LED的な動作電圧の低い平面型のディスプレイが得られる。また、活性層 124 の発光波長を赤、緑、青の 3 色とすることにより、カラーのディスプレイが得られる。

【0043】この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。また、発光膜が半導体薄片のみから構成されていたが、これに限らず、半導体薄片間のすき間を埋めるための半導体粉末や、固定するための有機物などを混ぜても良い。

【0044】（具体例 11）図 13 は、本発明の第 11 の具体例を示す半導体発光装置の概略図である。図 13 には、前記半導体薄片 134 のクラッド層 132 が第 1 の伝導型 n 型（p 型）であり、前記活性層 133 が前記クラッド型と異なる伝導型 p 型（n 型）であることを特徴とする半導体発光装置が示されている。

【0045】この具体例を更に詳細に説明すると、ガラスからなる基板 130 上に、透明電極 131、発光膜 135、金属電極 136 が積層されている。発光膜 135 は、半導体薄片 134 を膜状に積層したものであり、半導体薄片 134 は、n 型のクラッド層 132 に p 型の活性層 133 が挟まれた構造である。

【0046】透明電極 131 と金属電極 136 に直流または交流の電圧を印加することにより発光膜 135 で発光する。クラッド層 132 と活性層 133 との界面で p-n-p 接合が形成されており、外部から電圧を印加すると、集中的に p-n-p 接合にかかり、電子と正孔が生成される。クラッド層 132 および活性層 133 がドーピングされているため、従来の EL デバイスに比べ発光に必要な電圧が低くなり、消費電力が少なくなる。活性層 133 の発光波長を制御することにより白色などを始めとする任意の発光色が得られ、LED や白色光源などに用いることができる。

【0047】この具体例では、クラッド層を n 型と活性層を p 型としたが、クラッド層を p 型と活性層を n 型としても良い。この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。また、発光膜が半導体薄片のみから構成されていたが、これに限らず、半導体薄片間のすき間を埋めるための半導体粉末や、固定するための有機物などを混ぜても良い。

【0048】（具体例 12）図 14 は本発明の第 12 の具体例を示す半導体発光装置の概略図である。ガラスからなる基板 140 上に、透明電極 141、発光膜 144

を有し、真空の空間を介し、冷陰極 145、ゲート 146、絶縁体 147、陰極 148、基板 149 を有する。発光膜 144 は、半導体薄片 142 と半導体粒子 143 の混合物を膜状に積層したものであり、半導体薄片 142 は層状の活性層 142a とクラッド層 142b から構成されている。冷陰極 145 は直径 1  $\mu$ m 程度の金属の円錐である。陰極 148 とゲート 146 間に電子引き出し用の電圧を印加し、透明電極 141 と陰極 148 間に加速用の電界を印加することにより、電子銃を構成する冷陰極 145 より電子が引き出され発光膜 144 に到達する。この電子線により発光膜 144 中の半導体薄片 142 で電子と正孔が生成され、活性層 142a で再結合し発光する。光は透明電極 141 と基板 140 を透過して外部に取り出される。活性層 142a 材料の禁制帯幅を変えることにより、赤、青、緑、白など任意の波長の発光が得られる。また、赤、青、緑に発光する半導体薄片 142 をマトリックス状に分布させ、特定の冷陰極 145 から電子を引き出すことにより 2 次元のカラー画面が得られる。半導体粒子 143 は発光膜 144 の機械的強度を上げるとともに、半導体薄片 142 の電子による劣化を防止する。活性層 142a がクラッド層 142b に挟まれているため、輝度の高いディスプレイが得られる。また、電子線照射による劣化が起りにくく、装置の寿命が長い。

【0049】この具体例では、電界放射型冷陰極からの電子を発光膜に照射して発光させていたが、これに限らず、熱電子を照射して発光させたり、プラズマ放電で生成された紫外線を照射して発光させた、発光ダイオードや半導体レーザから発生した光などを照射して発光膜を発光させても良い。プラズマ放電、発光ダイオード、半導体レーザなどの励起源を 2 次元マトリックス状に並べることにより、輝度が非常に高く、厚さの薄いディスプレイが得られる。

【0050】この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。また、発光膜が半導体薄片と半導体粒子から構成されていたが、これに限らず、半導体薄片や半導体粒子を固定するための有機物などを混ぜても良い。

【0051】（具体例 13）図 15（a）は本発明の第 13 の具体例を示す半導体発光装置の概略図、図 15（b）は半導体薄片の概略図、図 15（c）はバンドプロファイルである。ガラスからなる基板 150 上に、第 1 透明電極 151、発光膜 155、第 2 透明電極 156、発光ダイオード（LED）157、電極 158 を有する。LED 157 で発光膜 155 を励起し、発光膜 155 に印加する電圧により、発光膜 155 の発光時間の

制御が可能な装置である。発光膜 155 は、半導体薄片 154 を膜状に積層したものであり、半導体薄片 154 は層状のクラッド層 152 と活性層 153 から構成されている。活性層 153 は、図 15 (b) に示すように、第 1 半導体層 153 a と第 2 半導体層 153 b とを交互に積層した超格子からなる。第 2 透明電極 156 と電極 158 間で通電すると、LED 157 で発光する。LED 157 の発光波長を活性層 153 の発光波長より短くしておくことにより、LED 157 からの発光は発光膜 155 で吸収され、発光膜 155 から蛍光が得られる。発光膜 155 からの蛍光は第 1 透明電極 151、基板 150 を透過して、外部に取り出される。第 1 透明電極 151 と第 2 透明電極 156 との間に電圧を印加した場合の半導体薄片 154 のバンドプロファイルを図 15

(c) に示す。第 1 半導体層 153 a と第 2 半導体層 153 b がタイプ 2 の超格子である場合を例に説明する。印加電圧がゼロの時、電子は第 1 半導体層 153 a に、正孔は第 2 半導体層 153 b に存在し、発光時間は非常に長くなる。電圧を印加すると、電子と正孔は、それぞれ第 1 半導体層 153 a と第 2 半導体層 153 b の片側に寄っていき、波動関数の重なりが大きくなり、その結果、発光時間が短くなる。すなわち、第 1 透明電極 151 と第 2 透明電極 156 との間の電圧を変えることにより、発光膜 155 の発光時間を変えることができる。図 15 の v p はその可変電源である。また、第 1 透明電極 151 と電極 158 とを第 2 透明電極 156 と垂直な方向のストライプ構造にすることにより、2 次元ディスプレイの特定の領域のみの発光時間を任意に設定することができる。このような特性は、計測用のディスプレイなどに有用である。

【0052】この具体例では、活性層 153 にタイプ 2 の超格子を用いたが、これに限らず、タイプ 1 の超格子でもよい。タイプ 1 の超格子の場合は電圧を印加するほど発光時間が長くなっていく。この具体例では、発光ダイオードからの光を発光膜に照射して発光させていたが、これに限らず、電子を照射して発光させたり、プラズマ放電で生成された紫外線を照射して発光させたり、半導体レーザから発生した光などを照射して発光膜を発光させてもよい。

【0053】この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。また、発光膜が半導体薄片から構成されていたが、これに限らず、半導体薄片を固定するための有機物などを混ぜてもよい。

(具体例 14) 図 16 は本発明の第 14 の具体例を示す半導体発光装置の概略図である。ガラスからなる基板 160 上に、ストライプ状の透明電極 161、第 1 絶縁層 162、発光膜 167、第 2 絶縁体層 168、ストライプ状の背面電極 169 が積層されている。発光膜 167

は、半導体薄片 163 と半導体粒子 166 を混合したものを膜状に積層したものである。半導体薄片 163 は、クラッド層 164 と活性層 165 とからなる。透明電極 161 と背面電極 169 のストライプの方向は角度 90 度で交差している。

【0054】透明電極 161 のいずれかのストライプと背面電極 169 のいずれかのストライプとの間に直流または交流の電圧を印加すると、透明電極 161 と背面電極 169 のストライプの交差した部分の発光膜 167 で発光する。光は透明電極 161 と基板 160 を透過して外部に取り出される。透明電極 161 と背面電極 169 のストライプを選択することにより 2 次元の画像が得られる。

【0055】第 1 絶縁層 162 と第 2 絶縁体層 168 とがあるために、透明電極 161 と背面電極 169 近傍での絶縁破壊が起こりにくくなる。また、活性層 165 がクラッド層 164 で挟まれているため、発光効率が高く、劣化が遅い。半導体粒子 166 は発光膜 167 の機械的強度を上げるとともに、半導体薄片 163 の劣化を防止する。活性層 165 の材料を変えるだけで、発光波長を容易に変えることができるため、赤、青、緑などのカラー画像が容易に得られる。

【0056】この具体例では、2 層の絶縁体層を用いたが、1 層だけでもよい。また、活性層に単層の半導体を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いてもよい。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。また、発光膜が半導体薄片と半導体粒子から構成されていたが、これに限らず、半導体薄片や半導体粒子を固定するための有機物などを混ぜてもよい。

【0057】(具体例 15) 図 17 は本発明の第 15 の具体例を示す半導体発光装置の概略図である。ガラスからなる基板 170 上に、ストライプ状の透明電極 171、発光膜 172、ストライプ状の背面電極 177 が積層されている。発光膜 172 は、半導体薄片 173 をバインダー 176 に混ぜて膜状に塗布したものである。半導体薄片 173 は、クラッド層 174 に活性層 175 が挟まれた構造である。透明電極 171 と背面電極 177 のストライプの方向は角度 90 度で交差している。

【0058】透明電極 171 のいずれかのストライプと背面電極 177 のいずれかのストライプとの間に直流または交流の電圧を印加すると、透明電極 171 と背面電極 177 のストライプの交差した部分の発光膜 172 で発光する。光は透明電極 171 と基板 170 を透過して外部に取り出される。透明電極 171 と背面電極 177 のストライプを選択することにより 2 次元の画像が得られる。

【0059】絶縁層を有しない構造であるため、動作電

圧が低くなる。活性層 175 がクラッド層 174 で挟まれているため、絶縁破壊が起こりにくくなる。クラッド層 174 が p 型または n 型の伝導性を有すると、クラッド層 174 にかかる電圧が低くなるため、さらに絶縁破壊が起こりにくくなる。バインダー 176 は発光膜 172 の機械的強度を上げるとともに、半導体薄片 173 の劣化を防止する。

【0060】この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。活性層の発光波長を赤、青、緑とすることによりフルカラーの表示が得られる。また、白色光源も得られる。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。

【0061】（具体例 16）図 1 を用いて本発明の第 16 の具体例を説明する。半導体薄片 14 を構成するクラッド層 12 および活性層 13 に、GaP に格子整合する BeMgSSe 混晶や BeMgZnS 混晶や BeZnSSe 混晶や BeZnSeTe 混晶などを用いることにより紫外線の発光が得られる。活性層 13 に Ag や Au、Cu、Mn、Sn、Tb、Cl、Al、Ga、In、N、P、As、Sb などの単数または複数の不純物を添加することにより、青色や緑色の発光が得られる。

【0062】クラッド層 12 および活性層 13 に、GaAs に格子整合する MgZnSSe 混晶や BeMgZnSSe 混晶や ZnCdSSe 混晶や BeZnCdSe 混晶などを用いることにより、青から紫外域の発光が得られる。活性層 13 に Ag や Au、Cu、Mn、Sn、Tb、Cl、Al、Ga、In、N、P、As、Sb などの単数または複数の不純物を添加することにより、青色や緑色の発光が得られる。

【0063】クラッド層 12 および活性層 13 に、InP に格子整合する MgZnCdSe 混晶や MgZnSeTe 混晶や ZnCdSSe 混晶などを用いることにより、赤から紫外域に渡る発光が得られる。活性層 13 に Ag や Au、Cu、Mn、Sn、Tb、Cl、Al、Ga、In、N、P、As、Sb などの単数または複数の不純物を添加することによっても、発光波長を制御することができる。

【0064】クラッド層 12 および活性層 13 に、InAs に格子整合する MgZnSeTe 混晶や MgZnSeTe 混晶や ZnMnSeTe 混晶などを用いることにより、赤から青色の発光が得られる。活性層 13 に Ag や Au、Cu、Sn、Tb、Cl、Al、Ga、In、N、P、As、Sb などの単数または複数の不純物を添加することによっても、発光波長を制御することができる。

【0065】上述の構造では、基板に格子整合しているため、結晶欠陥が非常に少なく、発光効率の非常に高い

発光装置が得られる。この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、酸化、硫化、セレン化、テルル化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。

【0066】（具体例 17）図 1 を用いて本発明の第 17 の具体例を説明する。半導体薄片 14 を構成するクラッド層 12 および活性層 13 に、GaAs に格子整合する AlGaInP 混晶や AlInAsP 混晶や GaInAsP 混晶などを用いることにより赤から黄色の発光が得られる。活性層 13 に Be、Mg、Zn、Cd、O、S、Se、Te、C、Si、Ge などの単数または複数の不純物を添加することにより、赤から黄色の発光が得られる。

【0067】上述の構造では、基板に格子整合しているため、結晶欠陥が非常に少なく、発光効率の非常に高い発光装置が得られる。この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化、リン化、ヒ素化のいずれかの処理を施して保護膜を形成してもよい。

【0068】（具体例 18）図 1 を用いて本発明の第 18 の具体例を説明する。半導体薄片 14 を構成するクラッド層 12 に AlGaInN 混晶を用い、活性層 13 に GaInN 混晶を用いることにより赤から紫外の発光が得られる。活性層 13 に Mg や Be、Zn、Cd、O、S、Se、Te などの単数または複数の不純物を添加することによっても、発光波長を制御することができる。この材料系では、クラッド層 12 と活性層 13 が格子整合していなくても、発光効率の高い結晶が得られる。

【0069】この具体例では、単層の活性層を用いたが、これに限らず、超格子、量子井戸、量子細線、量子箱などの構造を用いても良い。この具体例では、半導体薄片端面に何も処置を施さなかったが、窒化処理を施して保護膜を形成してもよい。

（具体例 19）図 18 は本発明の第 19 の具体例を示す工程図である。まず、図 18 (a) に示すように、基板 180 上に、半導体分離層 181、クラッド層 182、活性層 183 を結晶成長する。基板 180 にはエピタキシャル成長が可能な材料を用い、結晶成長は MOVPE 法や MBE 法などにより実施できる。次に、図 18

(b) に示すように、半導体分離層 181 を選択的にエッチングする溶液（または気体）に浸し、半導体分離層 181 を除去し、クラッド層 182 と活性層 183 からなる半導体膜 184 を基板 180 より分離する。基板 180 全面に渡って半導体分離層 181 が容易に除去されるためには、半導体分離層 181 が非常にエッチングされやすい材料でなければならない。このような材料とし

ては腐食性の強い AlAs、AlP、AlSb、AlN などの Al 化合物や、MgS、MgSe、MgTe などの Mg 化合物、CaS、CaSe、CaTe などの Ca 化合物などがある。これらの材料は反応性が高いため、エッチングは強酸や過酸化水素、ハロゲンガスなどにより容易に行える。クラッド層 182 と活性層 183 には、3 族元素のうちの Al 組成比が 80% 以下の混晶材料や、2 族元素のうちの Mg、Ca の組成比が 80% 以下の混晶材料を用いればよい。基板 180 から分離された半導体膜 184 は、機械的に軽く押すだけで割れてしまい、図 18 (c) のような大きさが 1mm 以下である半導体薄片 185 になる。半導体膜 184 を粉砕する程度により半導体薄片 185 の大きさは 1 ミクロンから 1 mm 程度の間で制御できる。次に、図 18 (d) に示すように、半導体薄片 185 を有機溶剤などの溶媒 186 に混ぜたのち、ガラスなどの非半導体基板 187 上に塗布する。溶媒 186 を気化させて発光膜 188 を形成する。この工程を用いて、蛍光板、CRT、PDP、ELD 蛍光ランプ、蛍光表示管、LED を始めとする発光を用いた発光素子、表示装置が製作できる。

【0070】クラッド層 182 と活性層 183 を基板 180 上に結晶成長するため、結晶欠陥が少なく、発光効率の高い表示装置が得られる。また、膜厚の組成の制御が容易であり、再現性に優れている。結晶成長後、半導体分離層 181 により分離するため、1 回の結晶成長により多量の半導体薄片 185 を製作できる。基板 180 上は、再度使用が可能であり、製作費用が低くなる。大きさが 1mm 以下である半導体薄片 185 に粉砕するため、大面積や曲面などの非半導体基板 187 への塗布が可能となり、大型ディスプレイなどの表示装置が容易に得られる。

【0071】このように、発光膜を構成する半導体薄片は、結晶成長用の基板上に第 1 の半導体材料からなる半導体分離層と、この半導体分離層上に前記第 1 の半導体材料と異なる半導体材料からなる第 1 のクラッド層と活性層と第 2 のクラッド層からなる半導体薄片層とを交互に結晶成長させる第 1 の工程と、選択エッチングにより前記半導体分離層を除去する第 2 の工程と、前記半導体薄片層を半導体薄片にする第 3 の工程と、発光体を形成するための基板上に前記半導体薄片を膜状に形成し固着する第 4 の工程とからなる工程により、形成される。

【0072】(具体例 20) 図 19 は本発明の第 20 の具体例を示す工程図である。まず、図 19 (a) に示すように、基板 190 上に、誘電体や金属からなる非半導体膜 191 を形成する。非半導体膜 191 には丸い窓が開いている。次に、図 19 (b) に示すように、非半導体膜 191 の無い基板 190 表面上に、半導体分離層 192、クラッド層 193、活性層 194 を選択成長する。基板 190 にはエピタキシャル成長が可能な材料を用い、選択結晶成長は MOVPE 法や MBE 法などによ

り実施できる。エッチングにより半導体分離層 192 を除去すると、図 19 (c) に示すように、円柱状の半導体薄片 195 が得られる。半導体薄片 195 の形状は非半導体膜 191 の窓の形で決まるため、形状のそろった半導体薄片 195 を容易に作成できる。これをガラス上などに積層して発光膜を形成し、大型ディスプレイなどの表示装置を製作する。半導体薄片 195 の形状がそろっているために、発光特性のばらつきが非常に小さくなる。

10 【0073】この具体例では、非半導体膜の窓の形を円として円柱状の半導体薄片を製造したが、これに限らず、非半導体膜の窓の形を四角形やストライプ状の形状としてもよい。

(具体例 21) 図 20 は本発明の第 21 の具体例を示す工程図である。まず、図 20 (a) に示すように、ガラスなどからなる基板 200 上に、透明電極 201 を形成した後、拡散させるための n 型不純物 202 を蒸着などで積層する。次に、図 20 (b) に示すように、p 型半導体からなる半導体薄片 205 を n 型不純物 202 上に積層して発光膜 206 を形成する。半導体薄片 205 は、クラッド層 203 と活性層 204 を積層したもので、ここではいずれも p 型半導体からなる。さらに金属電極 207 を積層する。次に、加熱し n 型不純物 202 を発光膜 206 に拡散させる。n 型不純物 202 には拡散の制御がしやすい材料を用いれば良く、例えば、発光膜 206 が 2-6 族半導体の場合には In や Ga、Al などを用いればよい。n 型不純物 202 を拡散させた結果、図 20 (c) に示すように、クラッド層 203 の一部に n 型の拡散層 203a が形成される。半導体薄片 205 が p 型であるため、拡散層 203a との界面に p-n 接合が形成される。透明電極 201 と金属電極 207 との間に電圧を印加することにより、活性層 204 から発光が得られる。拡散により p-n 接合を形成するため大面積でのプロセスが可能であり、大型ディスプレイなどへ容易に適用できる。p-n 接合を用いているため低電圧な直流での駆動が可能である。

【0074】この具体例では、n 型不純物を積層した後に発光膜を積層したが、これに限らず、発光膜を積層した後に n 型不純物を積層してもよい。また、発光膜を p 型半導体とし n 型不純物を拡散させて p-n 接合を形成したが、これに限らず、発光膜を n 型半導体とし p 型不純物を拡散させて p-n 接合を形成してもよい。また、発光膜をアンドープとし p 型不純物と n 型不純物とを拡散させて p-n 接合を形成してもよい。

45 【0075】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の発光装置は、結晶性の高い活性層とクラッド層を用いているため、輝度が高い。また、半導体薄片を膜状に成形しているため、広い面積に渡り均一な発光の表示装置が容易に得られる。また、導電性の半導体を用いているため、動

作電圧の低い発光表示装置が得られる。

【0076】また、本発明の製造方法は、半導体分離層と、クラッド層及び活性層とを交互に結晶成長し、半導体薄片に分離し膜状に成形するため、大量生産が容易であり、コストが低くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体発光装置の概略図である。

【図2】半導体薄片の概略図である。

【図3】半導体薄片の概略図とバンドラインナップ図である。

【図4】半導体薄片の概略図とバンドラインナップ図である。

【図5】半導体薄片の概略図とバンドラインナップ図である。

【図6】半導体薄片の概略図とバンドラインナップ図である。

【図7】半導体薄片の断面図である。

【図8】半導体薄片の断面図である。

【図9】半導体発光装置の概略図である。

【図10】半導体薄片の概略図とバンドラインナップ図である。

【図11】半導体発光装置の概略図である。

【図12】半導体発光装置の概略図である。

【図13】半導体発光装置の概略図である。

【図14】半導体発光装置の概略図である。

【図15】半導体発光装置と半導体薄片の概略図とバンドプロファイルである。

【図16】半導体発光装置の概略図である。

【図17】半導体発光装置の概略図である。

【図18】工程図である。

【図19】工程図である。

【図20】工程図である。

【符号の説明】

11 基板上

12 クラッド層

13 活性層

14 半導体薄片

15 発光膜

31 クラッド層

32a 量子井戸層

32b 量子障壁層

32 活性層

33 価電子帯端

34 伝導帯端

41 クラッド層

42 活性層

42a 第1半導体層

42b 第2半導体層

51 第3半導体層

61 クラッド層

62 活性層

62a 第1活性層

62b 第2活性層

62c 第3活性層

05 71 クラッド層

72 活性層

73 保護膜

81 クラッド層

82 活性層

10 83 窒化層

84 保護膜

90 基板

91 透明電極

92a p型クラッド層

15 92b n型クラッド層

93 活性層

94 半導体薄片

95 発光膜

96 絶縁体膜

20 97 金属電極

101a n型クラッド層

101b p型クラッド層

102 活性層

110 基板

25 111 透明電極

112 クラッド層

112a p型領域

112b n型領域

113 活性層

30 114 半導体薄片

115 発光膜

115a p型層

115b n型層

116 金属電極

35 120 基板

121 透明電極

122 n型半導体層

123 クラッド層

124 活性層

40 125 半導体薄片

126 発光膜

127 p型半導体層

128 金属電極

130 基板

45 131 透明電極

132 クラッド層

133 活性層

134 半導体薄片

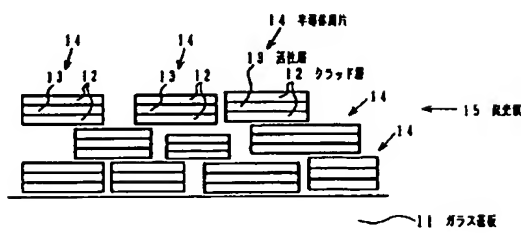
135 発光膜

50 136 金属電極

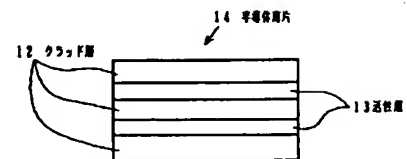
140 基板  
 141 透明電極  
 142 a 活性層  
 142 b クラッド層  
 142 半導体薄片  
 143 半導体粒子  
 144 発光膜  
 145 冷陰極  
 146 ゲート  
 147 絶縁体  
 148 陰極  
 149 基板  
 150 基板  
 151 第1透明電極  
 152 クラッド層  
 153 活性層  
 153 a 第1半導体層  
 153 b 第2半導体層  
 154 半導体薄片  
 155 発光膜  
 156 第2透明電極  
 157 発光ダイオード (LED)  
 158 電極  
 160 基板  
 161 透明電極  
 162 第1絶縁層  
 163 半導体薄片  
 164 クラッド層  
 165 活性層  
 166 半導体粒子  
 167 発光膜  
 168 第2絶縁層  
 169 背面電極

170 基板  
 171 透明電極  
 172 発光膜  
 173 半導体薄片  
 05 174 クラッド層  
 175 活性層  
 176 バインダー  
 177 背面電極  
 180 基板  
 10 181 半導体分離層  
 182 クラッド層  
 183 活性層  
 184 半導体膜  
 185 半導体薄片  
 15 186 溶媒  
 187 非半導体基板  
 188 発光膜  
 190 基板上  
 191 非半導体膜  
 20 192 半導体分離層  
 193 クラッド層  
 194 活性層  
 195 半導体薄片  
 200 基板  
 25 201 透明電極  
 202 n型不純物  
 203 クラッド層  
 203 a 拡散層  
 204 活性層  
 30 205 半導体薄片  
 206 発光膜  
 207 金属電極

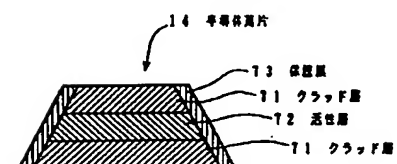
【図1】



【図2】

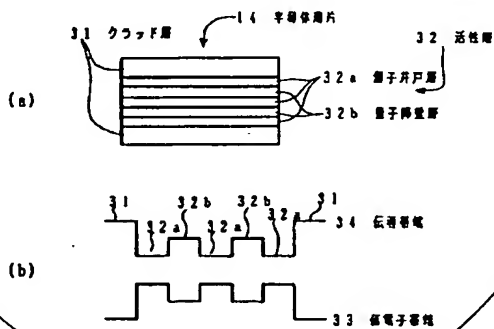


【図7】

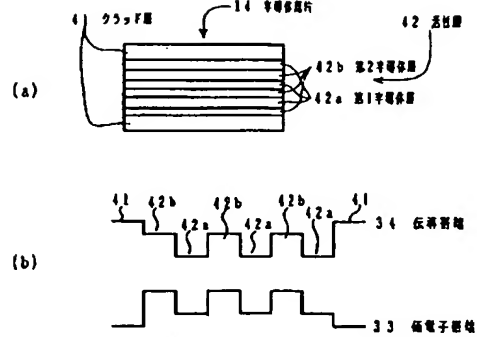




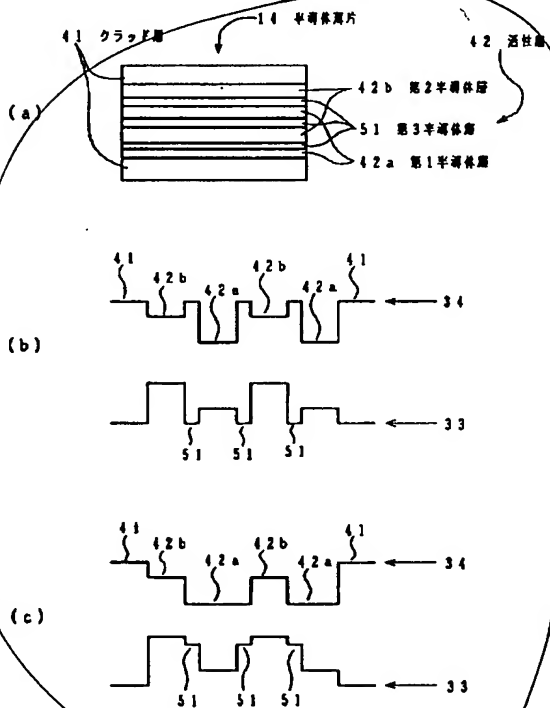
【図 3】



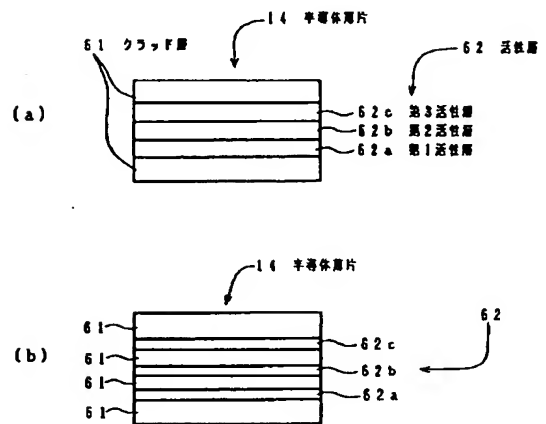
【図 4】



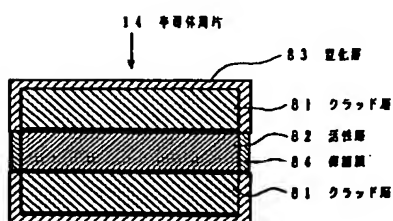
【図 5】



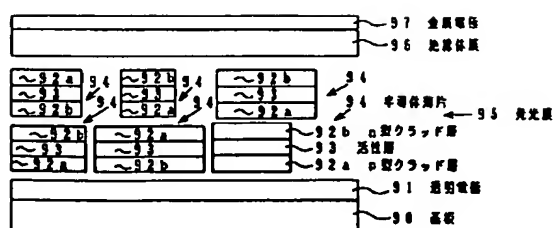
【図 6】



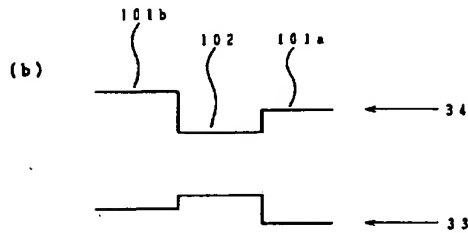
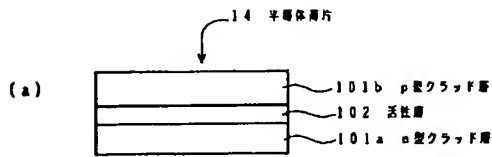
【図8】



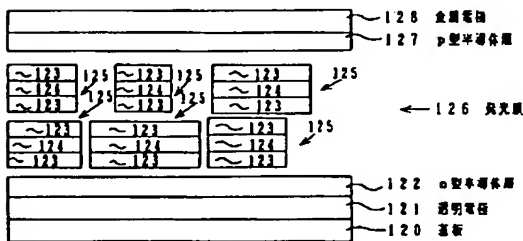
【図 9】



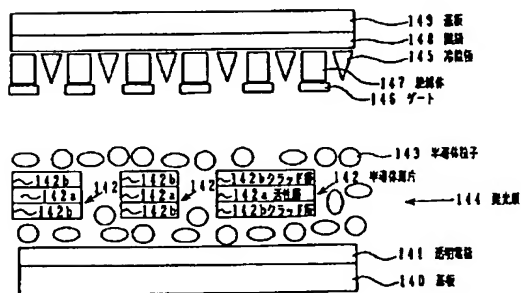
【図10】



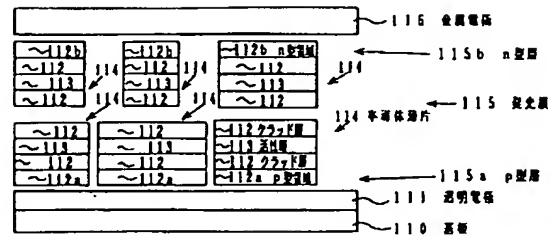
【図12】



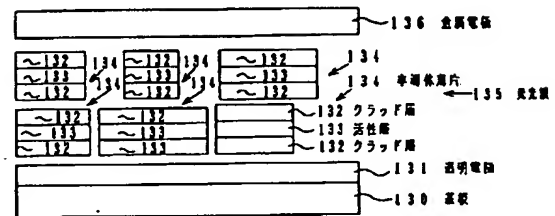
【図14】



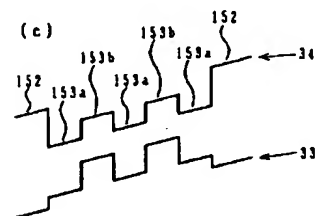
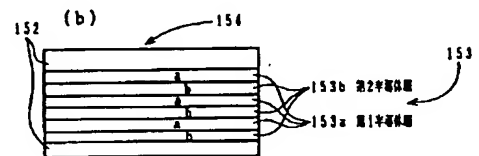
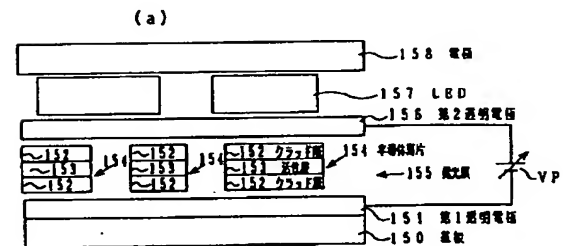
【図11】



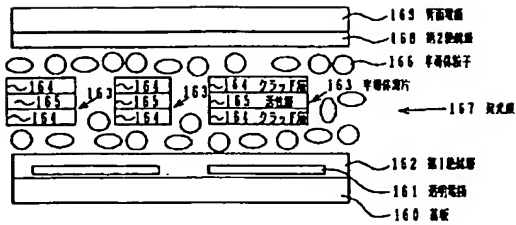
【図13】



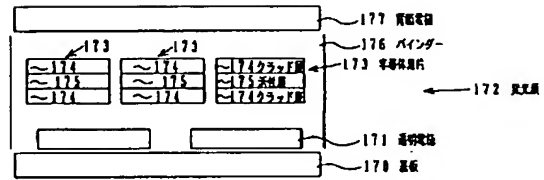
【図15】



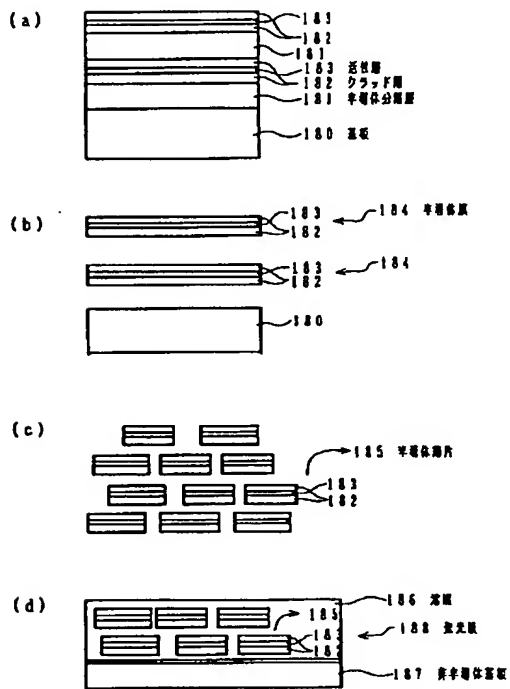
【図 16】



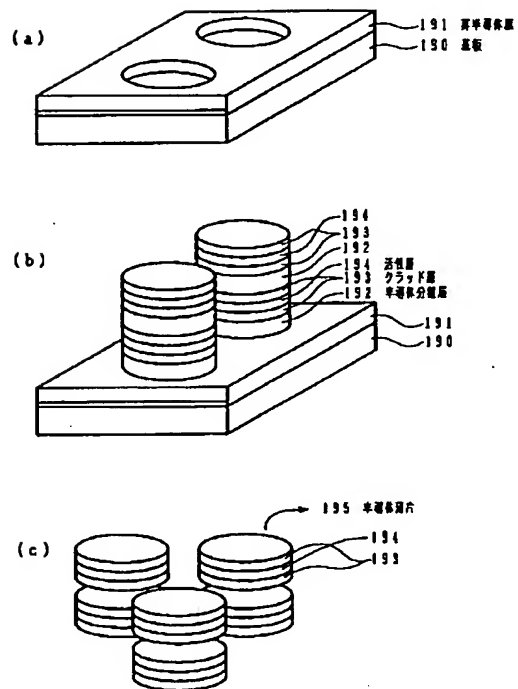
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【图 20】

